



REC'D 17 NOV 2003

WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 47 111.8

Anmeldetag: 09. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Betätigung eines Leistungsschalters

IPC: H 03 K, H 02 H.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Schatz
Best Available Copy

09.10.2002



1

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Betätigung eines Leistungsschalters.

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Betätigung eines Leistungsschalters nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, insbesondere eines zwischen zwei Energiespeichern angeordneten Halbleiter-Leistungsschalters in einem mit einem Integrierten 10 Starter-Generator ausgerüsteten Kraftfahrzeug-Bordnetz. Sie betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens nach Anspruch 2.

Im einem Kraftfahrzeug-Bordnetz mit ISG sind Schaltvorgänge 15 zwischen Energiespeichern - Akkumulatoren verschiedener Nennspannungen und Kondensatoren (Zwischenkreiskondensatoren, Doppelschichtkondensatoren) - über Umrichter oder Schaltregler mittels Leistungsschaltern erforderlich, die mittels der Befehle eines Steuergeräts durchgeführt werden.

20

Bedingung dabei ist, dass vor dem Öffnen eines Schalters der durch ihn fließende Schalterstrom auf 0A gebracht wird, und dass vor dem Schließen eines Schalters die zwischen seinen Schaltkontakten liegende Schalterspannung auf 0V gebracht 25 wird, damit der Schalter leistungsfrei betätigt werden kann.

Ein Schalterstrom 0A kann beispielsweise durch Abschalten von AC/DC-Umrichter oder DC/DC-Schaltregler erfolgen und stellt in der Praxis kein Problem dar.

30

Die Regelung auf 0V Schalterspannung, d.h., keine Potentialdifferenz zwischen den Polen des (geöffneten = nicht leitenden) Schalters, erfolgt in der Regel durch gezieltes Umladen

eines der Energiespeicher, beispielsweise eines Zwischenkreiskondensators, da dieser in der Regel der kleinere der Energiespeicher ist. Diese Regelung kann auch prinzipiell durch einen Umrichter oder einen zwischen diesem und dem 5 Bordnetz befindlichen Schaltregler erfolgen.

Der Zwischenkreiskondensator hat beispielsweise eine Kapazität von mehreren $10.000\mu\text{F}$, der Doppelschichtkondensator beispielsweise eine Kapazität von 200F , die Akkumulatoren eine 10 Kapazität von mehreren Ah . Die auszugleichende Schalterspannung kann bis zu 60V betragen.

Bedingt durch das ungünstige Verhältnis von Leistungsfähigkeit von Umrichter (z.B. 6kW) oder Schaltregler (z.B. 1kW) zu 15 der für den Ladungsausgleich (bis 40 Joule) erforderlichen Energie sind dem Spannungsausgleich jedoch in der Praxis enge Grenzen gesetzt.

Werden nun beispielsweise aus Gründen der Zuverlässigkeit und 20 des Platzbedarfs als Schalter Halbleiterschalter eingesetzt, so reicht die so erzielbare Genauigkeit des Spannungsausgleichs nicht aus.

Im normalen Betrieb auftretende Ströme und Leistungen erfordern 25 die Verwendung von Bauelementen (Kondensatoren, Schaltern) mit sehr kleinen Widerständen. Entsprechend hoch fallen bei vorhandenen Spannungsdifferenzen die Ausgleichsströme über dem zu schließenden Schalter aus. Im Extremfall führt dies zur Zerstörung der Halbleiter.

30

Eine Begrenzung des durch den Schalter fließenden Ausgleichsstromes auf einen ungefährlichen Wert setzt eine Strommessung voraus, die bei der Höhe der auftretenden Ströme einen kos-

tenintensiven Stromsensor erfordert. Außerdem kann der Ausgleichsvorgang nicht zeitoptimiert verlaufen, da bei großer Schalterspannung die Verlustleistung im Schalter hoch ist, was eine weitere mögliche Begrenzung darstellt.

5

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zur Betätigung eines Halbleiter-Leistungsschalters zu schaffen, die ohne kostenintensiven Stromsensor auskommt und bei welcher der Einschaltvorgang und der Einschaltzustand so geregelt werden, dass auch bei großer Spannungsdifferenz am Schalter eine Beschädigung der Transistoren ausgeschlossen ist.

10 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 2 gelöst.

15 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die technische Lehre, den Widerstand der Schaltstrecke des Halbleiter-Leistungsschalters (S1, S2) mittels einer Steuerspannung Vst so zu steuern, dass die Temperatur in den Transistoren (Chiptemperatur) einen vorgegebenen Wert nicht übersteigt bzw. auf einen Konstantwert geregelt wird, wobei die Regelgröße als Steuersignal zur Erzeugung der Steuerspannung dient.

25 Bei einer Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist vorgesehen, den Schalter als Transfer-Gate mit speziellen Halbleiter-Transistoren auszubilden, in welche Dioden zur Erfassung der Chiptemperaturen integriert sind, und mittels einer Ladungspumpe so anzusteuern, dass die Chiptemperatur der

Transistoren geregelt und auf einen vorgegebenen Sollwert begrenzt werden kann.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteran-
5 sprüchen zu entnehmen.

Ein Ausführungsbeispiel nach der Erfindung wird nachstehend anhand einer schematischen Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

10 Figur 1 ein Prinzipschaltbild eines 14V/42V-Kraftfahrzeug-Bordnetzes,
Figur 2 ein Prinzipschaltbild eines als Transfer-Gate ausgebildeten Halbleiter-Leistungsschalters,
Figur 3 die Schaltung eines mittels einer Ladungspumpe an-
15 steuerbaren Transfer-Gates,
Figur 4 eine Temperaturerfassungseinheit mit Sollvergleich und logischer Verknüpfung.

Figur 1 zeigt ein Prinzipschaltbild eines 14V/42V-Kraftfahr-
20 zeug-Bordnetzes mit einem mit einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine gekoppelten integrierten Starter-Generator ISG, anhand dessen die Erfindung.

Dieser ISG ist über einen bidirektionalen AC/DC-Wandler AC/DC
25 a) direkt mit einem Zwischenkreiskondensator C1,
b) über einen Leistungsschalter S2 mit einem Doppelschicht-
kondensator DLC,
c) über einen Leistungsschalter S1 mit einem 36V-Akkumulator B36 und einem 42V-Bordnetz, und
30 d) über einen bidirektionalen DC/DC-Wandler DC/DC mit einem 12V-Akkumulator B12 und einem 14V-Bordnetz N14 verbunden.

Erfindungsgemäß soll gemäß eines nicht näher erläuterten Programms jeder Leistungsschalter (S1 und S2) als Transfer-Gate ausgebildet sein und mittels der Befehle eines nicht dargestellten Steuergeräts von einer Ladungspumpe angesteuert werden.

5 den.

Figur 2 zeigt ein Prinzipschaltbild für einen als Transfer-Gate TG ausgeführten Schalter, beispielsweise für den Schalter S2, der zwischen dem Zwischenkreiskondensator C1 und dem 10 Doppelschichtkondensator DLC angeordnet ist. Falls weitere als Transfer-Gate ausgebildete Schalter erforderlich sind, so sind diese identisch ausgebildet.

Das Transfer-Gate TG besteht aus zwei in Reihe geschalteten 15 MOSFET-Transistoren Q1 und Q2, deren Sourceanschlüsse s und Gateanschlüsse g jeweils miteinander verbunden sind. Die Drainanschlüsse d dienen als Eingang E oder Ausgang A des Schalters.

20 Da im Bordnetz die Spannungsdifferenzen und Stromrichtungen am Schalter beliebiges Vorzeichen bzw. beliebige Richtung haben können, ist die Verwendung von zwei in Reihe geschalteten Transistoren bzw. Transistorgruppen erforderlich, von denen im Sperrzustand des Leistungsschalters jeweils wenigstens einer sperrt. Eine derartige Anordnung ist als Transfer-Gate 25 bekannt, welche die eigentliche Schaltfunktion ausübt.

Die Ansteuerung eines solchen als Transfer-Gate ausgebildeten Schalters erfolgt durch Anlegen einer Steuerspannung zwischen 30 Source- und Gateanschluß. Zum Abbau dieser Steuerspannung ist ein in Figur 2 nicht näher bezeichneter Widerstand zwischen Gate- und Sourceanschluß vorgesehen.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, wie in Figur 2 angedeutet, im Transfer-Gate TG als Halbleiter Q1 und Q2 handelsübliche Transistoren mit integrierten Temperatursensoren (D1A, D1B, D2A und D2B) einzusetzen, die beispielsweise aus „Philips Semiconductors Product Specification, Power MOS transistor Voltage clamped logic level FET with temperature sensing diodes, BUK9120-48TC, February 1998“ bekannt sind. Herstellerseitig sind zur Erfassung der Chiptemperaturen pro PowerMOSFET zwei antiparallele Dioden integriert, bei dem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel wird jedoch nur jeweils eine Diode pro PowerMOSFET Q1, Q2 verwendet.

In Figur 3 ist die Schaltung des mittels einer Ladungspumpe ansteuerbaren, als Transfer-Gate ausgebildeten Schalters S2, der zwischen Zwischenkreiskondensator C1 und Doppelschichtkondensator DLC angeordnet ist, noch einmal, jedoch ohne die integrierten Temperatursensoren, dargestellt. Zusätzlich kann, mittels eines Signals Dis über einen weiteren, im Transfer-Gate angeordneten Transistor Q3 (und einen externen Transistor Q4) die Steuerspannung kurzgeschlossen werden, um das Transfer-Gate rasch zu öffnen (nichtleitend zu steuern).

Die an sich bekannte Ladungspumpe LP (Kondensatoren C2 bis C5 und Dioden D3 bis D5) baut eine Steuerspannung Vst zwischen Source- und Gateanschluß s, g des Transfer-Gates (Schalter 2) auf. Sie wird von einem Gatteroszillator (logische Schaltelemente U1 bis U4) mit Enablefunktion versorgt. So kann der Oszillator und mit ihm die Ladungspumpe LP durch ein logisches Steuersignal En (enable) ein- und ausgeschaltet werden. Die Erzeugung des Steuersignals En wird weiter unten erklärt.

Durch Einschalten der Ladungspumpe LP mittels des Signals En (En = High) wird zwischen Source- und Gateanschluß s, g eine

positive Steuerspannung V_{st} aufgebaut, wodurch Schalter S2 (Transfer-Gate) entsprechend leitend wird. Nach dem Abschalten des Signals En (En = Low) wird diese Spannung über den Entladewiderstand R1 abgebaut, wodurch Schalter S2 wieder 5 nichtleitend wird. Das Ein- und Ausschalten erfolgt zeitlich kontrolliert, d.h., durch gezieltes Ein- und Ausschalten der Ladungspumpe kann das Transfer-Gate in einem analogen Leistungszustand gehalten werden.

10 Figur 4 zeigt die erfindungsgemäße Schaltung zur Erfassung der Chiptemperaturen der Transistoren Q1 und Q2 des Transfer-Gates TG mit Sollvergleich und logischer Signal-Verknüpfung.

15 Diese Temperatur-Erfassungseinheit besteht für jeden Transistor Q1, Q2 aus einer an den Polen einer Spannungsquelle (die eine bereits vorhandene 5V-Versorgung sein kann) liegenden Reihenschaltung aus einem Widerstand R7, R8 und der temperaturinsensitiven Diode DT1, DT2 (welche der Diode D1B, D2B in Figur 2 entspricht), wodurch ein Arbeitsstrom von beispielsweise 20 1mA durch die Dioden DT1, DT2 fließt.

Der Verbindungspunkt zwischen Widerstand R7 und Diode DT1, bzw. Widerstand R8 und Diode DT2 ist jeweils mit dem nichtinvertierenden Eingang eines Komparators K1 bzw. K2 verbunden, 25 an dessen invertierenden Eingang eine einer Solltemperatur T_{soll} zugeordnete Sollspannung V_{Tsoll} liegt. Die Ausgänge der beiden Komparatoren K1, K2 sind mit den Eingängen eines ersten Logik-Gliedes NAND verbunden, dessen Ausgang mit einem Eingang eines zweiten Logik-Gliedes NOR verbunden ist, dessen 30 anderem Eingang ein ON/OFF-Signal zugeführt wird, auf welches weiter unten eingegangen wird. Am Ausgang des zweiten Logik-Gliedes NOR erscheint das Steuersignal En, welches dem Gateroszillatator der Ladungspumpe LP zugeführt wird.

Die Dioden DT1, DT2 zur Erfassung der Chiptemperaturen haben einen negativen Temperaturkoeffizienten, d.h., bei steigender Chiptemperatur sinkt die Flussspannung mit ca. $1.6\text{mV}/^\circ\text{C}$ monoton ab. Der Wert der Flussspannung bei 25°C beträgt bei-

5 spielsweise 660mV.

Bedingt durch den Aufbau des Transfer-Gates wird jeweils ein Transistor verpolt betrieben (Drain-Source-Spannung), wohingegen der andere den wesentlichen Teil der Schalterspannung 10 trägt. Entsprechend unterschiedlich entwickeln sich auch die Chiptemperaturen während eines Einschaltvorgangs. Es ist also erforderlich, die Temperaturen der Transistoren Q1, Q2 getrennt zu erfassen und die Regelung an der jeweils höheren Temperatur auszurichten.

15

Den nachstehenden Tabellen ist folgendes zu entnehmen (wobei High = H und Low = L; ein unterstrichenes Bezugszeichen bedeutet, dass das Signal an dessen Ausgang gemeint ist):

20

	A		B			C		
	<u>K1</u>	<u>K2</u>	<u>K1</u>	<u>K2</u>	<u>NAND</u>	<u>NAND</u>	<u>ON/OFF</u> ON = L OFF = H Dis	<u>NOR</u> En
VT1list > VTsoll	H	-	L	L	H	L	L	H
VT1list < VTsoll	L	-	L	H	H	H	L	L
VT2list > VTsoll	-	H	H	L	H	L	H	L
VT2list < VTsoll	-	L	H	H	L	H	H	L

Tabelle A: Solange die von der jeweiligen Chiptemperatur Tlist, T2ist erzeugte Diodenspannung VTlist, VT2ist größer als ein vorgegebener, einer erhöhten, aber zulässigen Chiptemperatur Tsoll zugeordneter Spannungs-Sollwert

25

VTsoll ist, liegt der Ausgang des zugeordneten Komparators K1, K2 auf High-Signal.

Tabelle B: Sobald die der jeweiligen Chip-temperatur T1 ist,
5 T2 ist zugeordnete Diodenspannung VT1 ist, VT2 ist den vorgegebenen Spannungs-Sollwert VTsoll unterschreitet, geht der Ausgang des zugeordneten Komparators K1, K2 auf Low-Signal und springt das Ausgangssignal des ersten Logik-Gliedes NAND auf High-Signal.

10 Tabelle C: Geht das Ausgangssignal des ersten Logik-Gliedes NAND auf High-Signal, so springt das Ausgangssignal des ihm folgenden zweiten Logik-Gliedes NOR (Steuersignal En) auf Low-Signal, wodurch die Ladungspumpe LP stoppt und das
15 Transfer-Gate nichtleitender wird.

Aus Figur 4 und Tabelle C ist ein Signal ON/OFF entnehmbar. Dieses bereits erwähnte Signal ist ein Befehl des nicht dargestellten Steuergeräts. Es ist immer dann ON = Low, wenn der
20 zugehörige Schalter S1, S2 leitend sein soll, und ist OFF = High, wenn dieser Schalter nichtleitend sein soll.

Dieses Signal ON/OFF ist identisch mit dem Signal Dis in Figur 3, welches den Schalter S1, S2 durch Kurzschließen der
25 Gate-Source-Strecke rasch nichtleitend steuert und in diesem Betriebszustand hält, solange es OFF = High ist.

Aus Tabelle C ist also ersichtlich, dass die Ladungspumpe LP den Schalter nur dann leitend steuern kann, wenn einerseits
30 das Steuergerät dazu die Erlaubnis gibt (ON = Dis = Low) und wenn andererseits das Ausgangssignal des Ersten Logik-Gliedes NAND durch seinen Low-Zustand signalisiert, dass keine Chip-temperatur den Sollwert überschritten hat. Dann geht das Aus-

gangssignal En des zweiten Logik-Gliedes NOR auf High-Level und der nachfolgende Gatter-Oszillator (U1 bis U4, Figur 3) erzeugt eine steigende Gatespannung für das Transfer-Gate Q1, Q2, welches zusehends stärker leitet. Dadurch steigt der

5 Strom durch Q1, Q2 und damit auch die Verlustleistung und die Chiptemperatur, woraufhin die Flussspannung der temperatursensitiven Dioden DT1 und DT2 sinkt. Dies geht solange, bis VT1 ist oder VT2 ist den Wert VTsoll unterschreitet. Steuersignal En geht auf Low und der Oszillator stoppt. Die Ladungspumpe LP liefert keine Gate-
10 spannung = Steuerspannung Vst mehr, und durch den Widerstand R1 entlädt sich Kondensator C1, wodurch die Gatespannung langsam abfällt. Das Transfer-Gate wird nichtleitender, die Verlustleistungen der Transistoren Q1 und Q2 sinken und damit 15 auch die Chiptemperaturen, woraufhin die Flussspannungen der Dioden DT1 und DT2 wieder steigen und der Vorgang von neuem beginnt.

Insgesamt ist damit ein Zweipunktregler entstanden, dessen 20 Oszillatofrequenz und -amplitude von den Verzögerungszeiten der Regelemente abhängen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schalten eines Halbleiter-Leistungsschalters (S1, S2),

5 dadurch gekennzeichnet,
dass der Widerstand der Schaltstrecke (E-A) des Halbleiter-Leistungsschalters (S1, S2) so geregelt wird, dass die Chip-temperaturen Tlist, T2ist der Transistoren (Q1, Q2) des Leistungsschalters (S1, S2) eine vorgegebene Solltemperatur Tsoll
10 nicht übersteigen.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, insbesondere zum Schalten eines zwischen zwei Energie-

15 gespeichern (C1, DLC, B36) angeordneten Halbleiter-Leistungsschalters (S1, S2) in einem mit einem Integrierten Starter-Generator (ISG) ausgerüsteten Kraftfahrzeug-Bordnetz,
dadurch gekennzeichnet,
dass der mittels einer Steuerspannung Vst leitend oder nicht-
20 leitend steuerbare Leistungsschalter (S1, S2) als Transfer-Gate (TG) ausgebildet ist,

- welches zwei in Reihe geschaltete Transistoren (Q1, Q2) oder Transistorgruppen aufweist, von denen im Sperrzustand des Leistungsschalters (S1, S2) jeweils wenigstens eine/r
25 sperrt, und

- in welchem jedem Transistor (Q1, Q2) oder jeder Transistorgruppe wenigstens eine Diode (DT1, DT2) zur Erfassung der Chiptemperatur Tlist, T2ist zugeordnet ist,

dass eine Läufungspumpe (LP) zur Erzeugung der Steuerspannung
30 Vst vorgesehen ist, mittels welcher die Transistoren (Q1, Q2) des Leistungsschalters (S1, S2) jeweils nur soweit leitend gesteuert werden, dass die Chiptemperatur Tlist, T2ist jedes Transistors (Q1, Q2) des Leistungsschalters

(S1, S2) eine vorgegebene Solltemperatur T_{soll} nicht übersteigt, und

dass eine Temperatur-Erfassungseinheit vorgesehen ist, in welcher der Vergleich der Chiptemperaturen mit dem Sollwert durchgeführt wird, und welche ein diesem Vergleich zugeordnetes Steuersignal E_n für die Ladungspumpe (LP) liefert.

10 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem Transfer-Gate (S1, S2, TG) ein Transistor (Q3) zugeordnet ist, dessen Kollektor-Emitterstrecke zwischen den miteinander verbundenen Gateanschlüssen (g) und den miteinander verbundenen Sourceanschlüssen (s) der zwei in Reihe geschalteten Transistoren (Q1, Q2) oder Transistorgruppen angeordnet ist, und welcher mittels eines externen Signals D_{is} in den Leitzustand versetzbare ist, um das Transfer-Gate (TG) rasch nichtleitend zu steuern.

25 4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur-Erfassungseinheit wenigstens eine für jeden Transistor (Q1, Q2) oder jede Transistorgruppe an den Polen (+5V, GND) einer Spannungsquelle liegende Reihenschaltung aus der ihm zugeordneten Diode (DT1, DT2) und einem Widerstand (R7, R8) aufweist,

30 dass der Verbindungspunkt zwischen Widerstand (R7, R8) und Diode (DT1, DT2), an welchem eine der Chiptemperaturen T_{1list} , T_{2list} zugeordnete Spannung VT_{1list} , VT_{2list} abgreift,

bar ist, jeweils mit einem Eingang eines Komparators (K1, K2) verbunden ist,

dass an einem anderen Eingang des Komparators (K1, K2) eine der vorgegebenen Solltemperatur T_{soll} zugeordnete Sollspannung V_{Tsoll} angelegt ist,

5 dass der Komparator (K1, K2) den Vergleich der der Chipstemperatur T_{list} , T_{2list} zugeordneten Spannung V_{Tlist} , V_{T2list} mit der der vorgegebenen Solltemperatur T_{soll} zugeordneten Sollspannung V_{Tsoll} durchführt,

10 dass die Ausgänge aller Komparatoren (K1, K2) mit den Eingängen eines ersten Logik-Gliedes (NAND) verbunden sind,

dass der Ausgang des ersten Logik -Gliedes (NAND) mit einem Eingang eines zweiten Logik-Gliedes (NOR) verbunden ist, dessen anderem Eingang ein ON/OFF-Signal D_{is} zugeführt

15 wird, und

dass das Ausgangssignal des zweiten Logik-Gliedes (NOR) dem Gatteroszillator (U1 bis U4) der Ladungspumpe (LP) als Steuersignal E_n zugeführt wird.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Betätigung eines Halbleiter-Leistungsschalters

5

Verfahren zur Betätigung eines Halbleiter-Leistungsschalters, mittels welchem der Widerstand der Schaltstrecke des Halbleiter-Leistungsschalters mit einer Steuerspannung V_{st} so gesteuert wird, dass die Chiptemperatur des Leistungsschalters einen vorgegebenen Sollwert nicht übersteigt. Eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens verwendet als Halbleiter-Leistungsschalter ein Transfer-Gate, welches von einer Ladungspumpe angesteuert wird, wobei im Transfer-Gate als Halbleiter handelsübliche Transistoren mit integrierten Temperatursensoren verwendet werden.

10
15
Figur 3

માર્ગ રાશિ

113

2001 E 21370

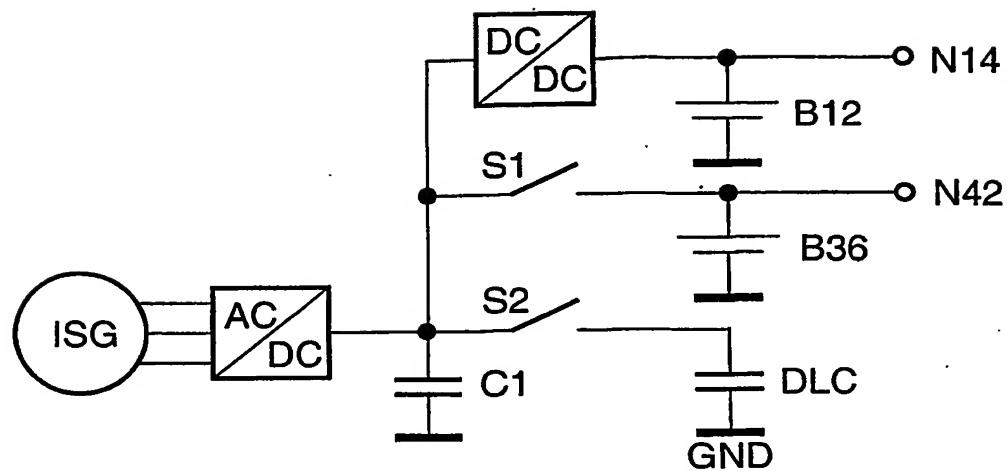


Fig 1

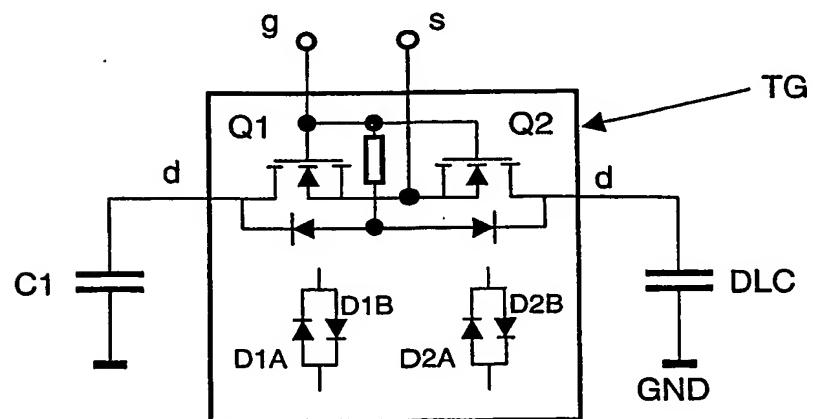
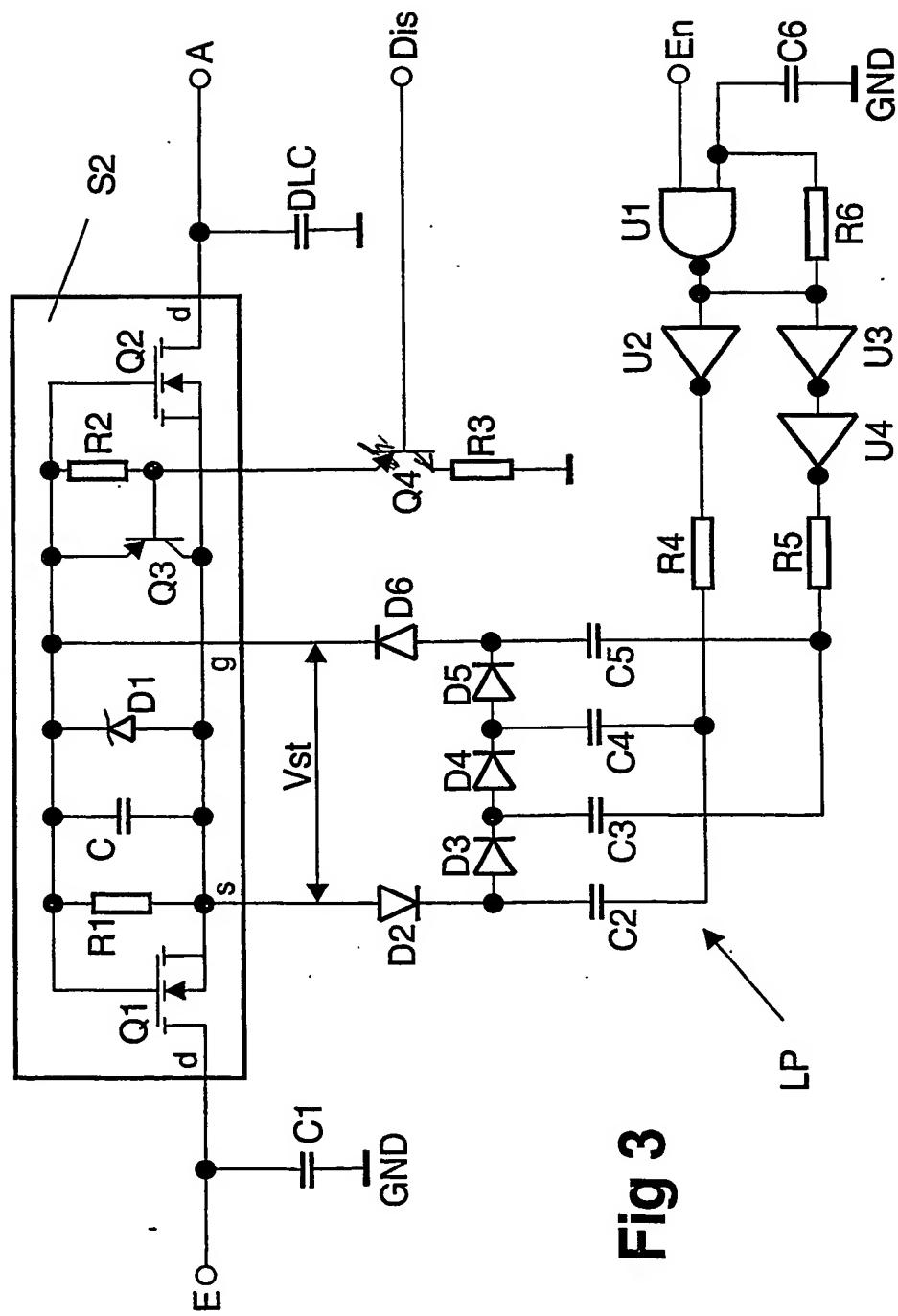


Fig 2



୩

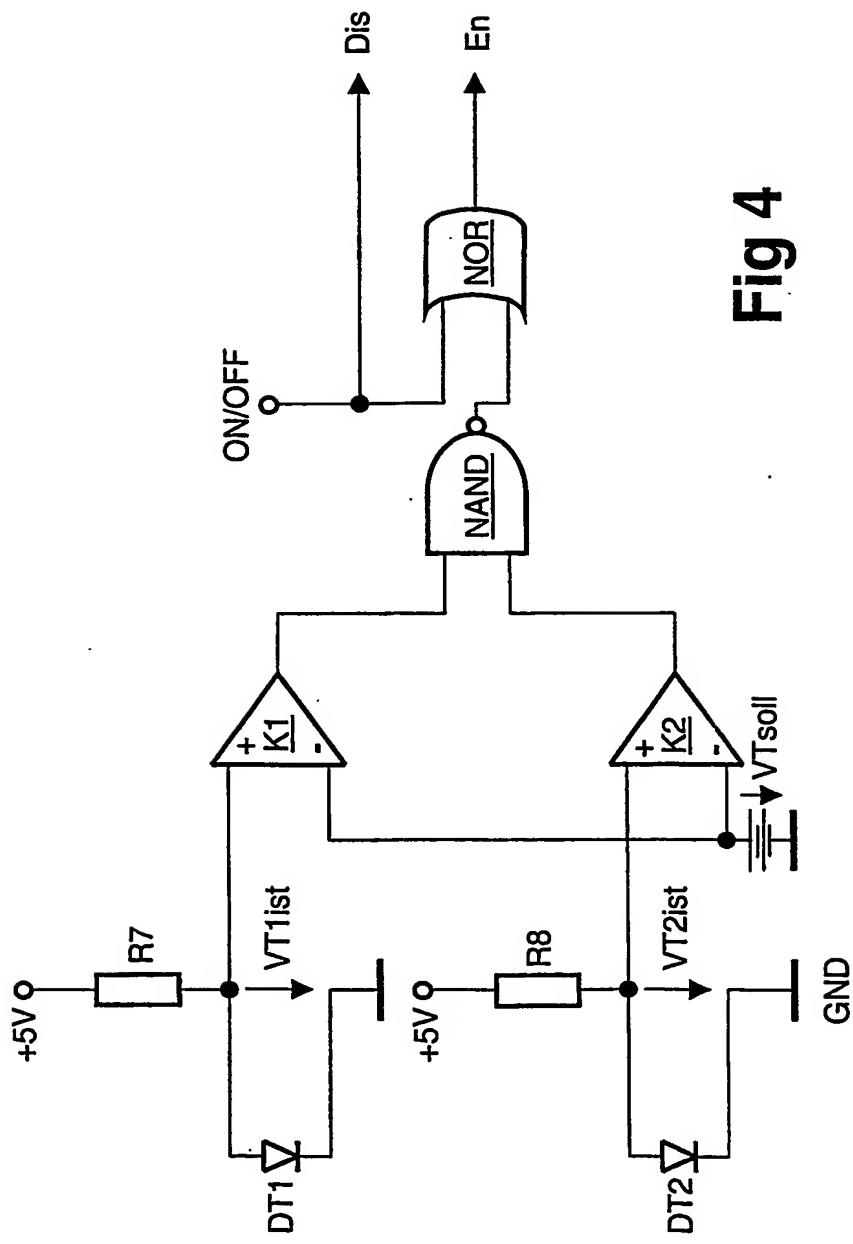


Fig 4